

論文の内容の要旨

論文題目	実環境を考慮した無線LANとAODVルーチングを用いたアドホックネットワークに関する研究
学 位	沖野 正宗
申 請 者	

近年、無線通信技術の発展に伴い、その場に集まったノード間が無線インタフェースを用いて一時的なネットワークを構築するアドホックネットワークに関する研究が注目されている。「アドホック」に関する研究開発としては、レイヤ2におけるアクティビティと、レイヤ3におけるアクティビティが存在する。レイヤ2における研究開発としては、IEEE.802.11ワーキンググループが行っている無線LANの標準化における、無線ノード間の直接通信の技術検討があげられる。一方レイヤ3における研究開発としては、直接無線通信を行うことができないノード間の通信を、他のノードがルータとして動作しパケットをマルチホップに中継するためのアドホックルーチングに関する検討が代表例である。アドホックルーチングについては、ここ数年来IETFで活発に検討されており、現時点ではオンデマンド型のAODV (Ad hoc On-demand Distance Vector)と、リンクステート型のOLSR (Optimized Link State Routing)の2つに候補が絞られつつある。

このようにアドホックネットワークの検討は、仕様を考案する段階から実用に供する段階へと移行していると考えられる。アドホックネットワークの応用例として、センサーネットワーク、ITS (Intelligent Transport System)における車車間通信、災害時の通信インフラが使用できない状況での一時的なネットワーク構築などが提唱されており、広く検討が行われている。またアドホックネットワークの通信ノードとして市販されている例もある。

このような状況の下で、本研究においては、初期の段階からアドホックネットワークの実用化の重要性を認識し、実環境への適用を考慮した研究を行ってきた。具体的には以下の2点について研究を行った。

(1) 広く用いられているIEEE無線LANとAODVルーチングを用いたアドホックネットワークを対象とした、実環境における性能評価実験

(2) ノード数の多い高密度環境に適したAODVアドホックルーチング方式の提案

第一の研究では、アドホックネットワークを実際に構築しその性能評価を行った。上記のように、アドホックネットワークの応用例として災害時のネットワーク構築がある。そこで本研究では、既存のインフラを使わない災害時の消防支援ネットワークを想定した。すなわち、大深度地下街や原子力発電施設のような通常の携帯電話の電波が受信できない「消防活動の困難な空間」において、消防士と消防基地の間をアドホックネットワークで接続するという想定である。このため、802.11無線LANとAODVルーチングを用いた通信端末を用いて、東京駅地下街と電気通信大学建物内で、性能評価実験を行った。実験では、信頼性を提供するTCPによるデータ通信を対象とした。無線LANアドホックネットワークでは無線リンク上でのフレームロスによりMACレイヤの再送が発生し、さらにMACレイヤのリトライアウトによりTCPレイヤの再送が発生し、これによりTCPのスループットが低下する。また、無線リンク上でのフレームロスは物理レベルのRSS (Receive Signal Strength) といった性能に大きく関係すると考えられる。このため、TCPレイヤ、MACレイヤ、物理レイヤの性能パラメータをそれぞれ評価することを実験の特徴とした。

第二の研究内容としては、実際にアドホックネットワークが普及した時点を想定し、無線範囲内に多数の端末が存在するような高密度なアドホックネットワークに適したアドホックルーチングプロトコルの提案を行った。このような高密度なアドホックネットワークでは、経路を発見・維持するためのルーチング用の制御メッセージのオーバーヘッドが大きくなるという問題が生ずる。そこで本研究では、AODVルーチングを拡張し、無線伝播範囲の離れたノードにのみ経路制御メッセージを中継させることにより、経路制御のオーバーヘッドを削減する方式を提案している。

これらの研究により、以下のことが明らかとなった。

- ・ 第一の研究により、地下街や建物内などの遮蔽された空間において、無線LANによる直接通信で100から150メートルの通信を、2から3ホップのマルチホップ通信で200メートルを超える通信が可能であることを確認した。また、直接通信において、一定の距離を越えると通信状況が急激に悪化し、TCPおよびMACレイヤにおいて、再送が急増し、通信スループットが劣化する状況を評価した。
- ・ 第二の研究で提案した高密度なアドホックネットワークに適したルーチングプロトコルを用いることにより、従来方式のAODVに比べて効率的に経路制御メッセージの送信を行えることを明らかにした。さらに、送信される経路制御メッセージの数を抑えたことによって、効率的にデータパケットの転送を行うことができることを示した。

論文審査の結果の要旨

学位申請者氏名 沖野 正宗

審査委員主査 加藤 聰彦

委員 伊藤 秀一

委員 曾和 将容

委員 本多 弘樹

委員 岡田 和則

委員

委員

本論文は、アドホックネットワークを実環境に適用するという観点から、無線LANとAODVを用いたアドホックネットワークの性能評価と、高密度環境に適したAODVアドホックルーチングの提案の2つの研究成果を示している。

本論文は以下の内容から構成されている。

第1章では本研究の背景として、アドホック技術の動向と、特にアドホックルーチングおよび関連する研究の動向を示している。

第2章では、本研究のベースとなる無線LANとAODVアドホックルーチングの概要について示すとともに、アドホックネットワークの実用化に向けた研究開発状況を紹介している。

第3章は、本論文での研究の概要として、実環境における性能評価実験と、高密度環境に適したアドホックルーチングのそれぞれに対して、既存研究例を示すとともに、その課題を述べ、本研究でのアプローチの特徴を示している。具体的には、性能評価実験では、地下街および建物内という閉じた空間における評価であることと、TCPレイヤ、MACレイヤ、物理レイヤの性能パラメータを測定してそれを比較することを特徴としている。また、本研究で提案する高密度環境に適したアドホックルーチングは、メッセージの交換のみにより、ルーチング制御メッセージの必要最低限の中継ノードを選択していること、中継ノードの選択に追加の制御メッセージを導入していないこと、端末の移動についても同様なアプローチで解決していることを特徴としている。

第4章では、無線LANとAODVを用いるアドホックネットワークの性能評価実験の結果を示している。評価では、ネットワークを流れるデータを監視することにより、TCPのスループット、シーケンス番号の時間的变化、再送状況、MACレベルの再送状況の時間的变化と再送回数のヒストグラム、物理レベルのフレームごとの受信電力の平均と分散などを測定し、その時間的变化や距離との関係をグラフ化して示している。

第5章では、無線伝播範囲内に多数の端末が存在する高密度アドホックネットワークに適したAODVルーチング方式を提案している。詳細な通信手順を明示するとともに、ネットワークシミュレータを用いて提案方式の評価を行い、既存のAODVに比べて、ルーチング用の制御メッセージを減らすことができ、その結果データの伝送可能割合を増加させていることを明らかにしている。

第6章では、結論として、本研究の内容のまとめを行っている。

以上のように、本論文では、アドホックネットワークを実環境に適用するという観点から、性能評価実験を実施し、複数レイヤにまたがった性能パラメータを明示するアプローチを示すとともに、多数の端末が集まった高密度アドホックネットワークにおける効率的なルーチングプロトコルを提案しその有効性を評価している。よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として、十分な価値を有するものと認める。